

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2002303435 A**

(43) Date of publication of application: **18.10.02**

(51) Int. Cl

**F24F 6/04**  
**B01D 53/22**  
**B01D 63/02**  
**// H01M 8/04**  
**H01M 8/10**

(21) Application number: **2001101814**

(22) Date of filing: **30.03.01**

(71) Applicant: **HONDA MOTOR CO LTD**

(72) Inventor: **KATAGIRI TOSHIKATSU**  
**SUZUKI MIKIHIRO**  
**SHIMANUKI HIROSHI**  
**KUSANO YOSHIO**

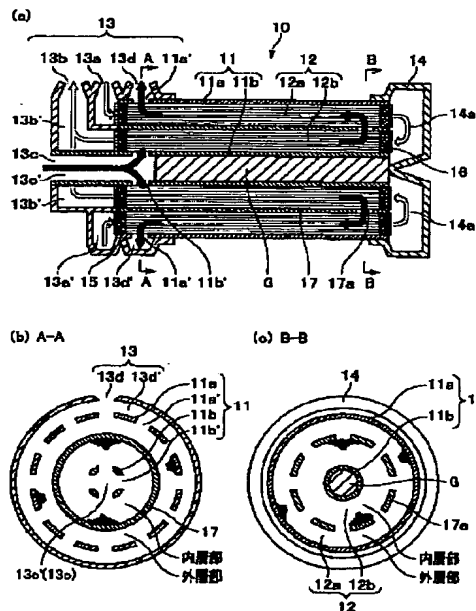
**(54) HUMIDIFYING MODULE**

**(57) Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To remove the heat radiation loss of a humidifying film module.

**SOLUTION:** In the humidifying module 10 which is equipped with a bundle 12 of hollow fiber membranes made by bundling and storing hollow fiber films capable of exchanging moisture between dry air and humid air respectively contacting with inside and outside thereof and fixing both ends of its one end and the other end by fixing parts 15 and 16, and inlets 13a and 13c and outlets 13b and 13d for each of the fluid for performing moisture exchange, the bundle 12 of the hollow fiber membranes are partitioned into a first section 12a and a second section 12b in sectional view in its longitudinal direction, and also the second head cover 14 equipped with a turn part 14a is provided to turned and circulate dry air and damp air.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-303435

(P2002-303435A)

(43) 公開日 平成14年10月18日 (2002. 10. 18)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup> 識別記号

F 2 4 F 6/04

B 0 1 D 53/22

63/02

// H 0 1 M 8/04

F I

F 2 4 F 6/04

B 0 1 D 53/22

63/02

H 0 1 M 8/04

テマコード\* (参考)

3 L 0 5 5

4 D 0 0 6

5 H 0 2 6

K 5 H 0 2 7

N

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-101814(P2001-101814)

(22) 出願日 平成13年3月30日 (2001. 3. 30)

(71) 出願人 000005326

本田技研工業株式会社

東京都港区南青山二丁目1番1号

(72) 発明者 片桐 敏勝

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会  
社本田技術研究所内

(72) 発明者 鈴木 幹浩

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会  
社本田技術研究所内

(74) 代理人 100064414

弁理士 磯野 道造

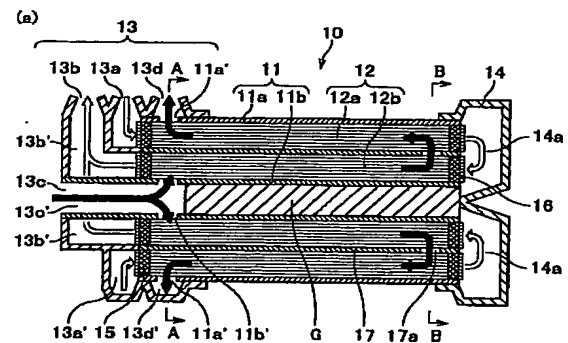
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 加湿モジュール

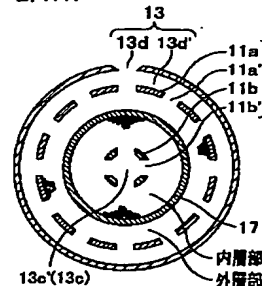
(57) 【要約】

【課題】 加湿膜モジュールの放熱ロスなどをなくする。

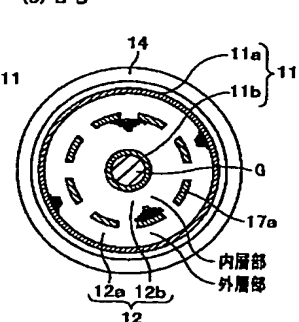
【解決手段】 内側と外側とにそれぞれ接する乾燥空気と湿潤空気間で水分交換を行うことが可能な中空糸膜を束ねてハウジング11に收容し、その一端側と他端側の両端を固定部15、16により固定した中空糸膜束12と、水分交換を行う流体のそれぞれの入口13a、13c及び出口13b、13dを備えた加湿モジュール10において、中空糸膜束12をその長さ方向に断面視して第1の部分12aと第2の部分12bに仕切ると共に、折返し部14aを備える第2ヘッドカバー14により、乾燥空気と湿潤空気を折り返して通流するようにした。



(b) A-A



(c) B-B



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】内側と外側とにそれぞれ接する流体間で水分交換を行うことが可能な中空糸膜を束ねてハウジングに收容し、その一端側と他端側の両端を固定部により固定した中空糸膜束と、前記水分交換を行う流体のそれぞれの入口及び出口を備えた加湿モジュールにおいて、前記中空糸膜束をその長さ方向に断面視して少なくとも第 1 の部分と第 2 の部分に仕切り、かつその一方の端部で前記中空糸膜の外側を通流する流体の前記第 1 の部分から第 2 の部分への通流又は前記第 2 の部分から第 1 の部分への通流を許容する仕切材と、前記中空糸膜の外側を通流する流体を前記仕切材により前記ハウジングの内側で折り返して通流させるように配された該流体の入口及び出口を備えること、を特徴とする加湿膜モジュール。

【請求項 2】前記中空糸膜束をその長さ方向に断面視して少なくとも第 1 の中空糸膜束と第 2 の中空糸膜束に区画するように配され、前記第 1 の中空糸膜束を構成する中空糸膜の内側に流体を流入させる入口及び前記第 2 の中空糸膜束を構成する中空糸膜の内側から流体を流出させる出口と、前記一端側又は他端側の少なくとも一方の固定部の外側に設けられ、前記第 1 の中空糸膜を構成する中空糸膜の内側から流出した流体を当該部分で折り返し、前記第 2 の中空糸膜を構成する中空糸膜の内側に流入させる折返し部を備えること、を特徴とする請求項 1 に記載の加湿膜モジュール。

【請求項 3】前記中空糸膜の内側を通流する流体を前記加湿モジュールの一端側又は他端側から流入させてその逆側から流出させる第 1 の入口及び第 1 の出口と、前記第 1 の入口及び第 1 の出口から独立し、前記中空糸膜の内側を通流する流体を前記加湿膜モジュールの一端側又は他端側から流入させてその逆側から流出させる第 2 の入口及び第 2 の出口を少なくとも備えること、を特徴とする請求項 1 に記載の加湿膜モジュール。

【請求項 4】前記仕切材が筒状仕切材であり、該筒状仕切材により前記中空糸膜束がその厚み方向に少なくとも内層と外層に分離されていること、を特徴とする請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか 1 項に記載の加湿膜モジュール。

【請求項 5】前記内層の少なくとも一方の端部を中空形状とし、この中空形状の内層の中空内側に前記中空糸膜の外側を通流する流体の入口又は出口を設けたこと、を特徴とする請求項 4 に記載の加湿膜モジュール。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、中空糸膜を用いて気体間の水分交換を行う加湿膜モジュールに関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、電気自動車の動力源などとして注

目されている燃料電池（固体高分子型燃料電池）においては、燃料電池から排出されたオフガス（湿潤空気）の水分をコンプレッサなどにより取り込んだ空気（乾燥空気）に水分交換して加湿空気（加湿気体）を発生する加湿装置が用いられる。このような燃料電池に用いられる加湿装置としては、電力消費量が少ないものが好適である。また、取り付けスペースが小さい、いわばコンパクト性が求められる。そのため、加湿装置としては超音波加湿、スチーム加湿、気化式加湿、ノズル噴射などの種類があるものの、燃料電池に用いられる加湿装置としては、水透過膜、殊に中空糸膜を用いたものが好適に利用される。

【0003】従来の中空糸膜を用いた加湿装置（加湿膜モジュール）として、例えば特開平 7-71795 号公報や特開平 8-273687 号公報に開示されたものがある。前者の公報に記載された加湿装置について、図 9 を用いて説明する。加湿装置 100 は、ハウジング 101 を有している。ハウジング 101 には、乾燥空気を流入する第 1 の入口 102 及び乾燥空気（加湿済み）を流出する第 1 の出口 103 が形成されており、ハウジング 101 の内部に多数、例えば 5000 本の中空糸膜からなる中空糸膜束 104 が収納されている。また、ハウジング 101 の両端部には、中空糸膜束 104 の両端部を開口状態で固定する固定部 105、105' が設けられている。固定部 105 の外側には、湿潤空気を導入する第 2 の入口 106 が形成されており、固定部 105' の外側には、中空糸膜束 104 によって水分を分離・除去された湿潤空気を流出する第 2 の出口 107 が形成されている。さらに、固定部 105、105' はそれぞれ第 1 のヘッドカバー 108 及び第 2 のヘッドカバー 109 によって覆われている。なお、第 2 の入口 106 は第 1 のヘッドカバー 108 に形成されており、第 2 の出口 107 は第 2 のヘッドカバー 109 に形成されている。

【0004】このように構成された中空糸膜を用いた加湿装置 100 において、第 2 の入口 106 から湿潤空気を供給して中空糸膜束 104 を構成する各中空糸膜内を通過させると、湿潤空気中の水分は、中空糸膜の毛管凝縮現象によって分離され、中空糸膜の毛管内を透過して、中空糸膜の外側に移動する。水分を分離させられた湿潤空気は、第 2 の出口 107 から流出される。一方、第 1 の入口 102 からは乾燥空気が流入される。第 1 の入口 102 から流入された乾燥空気は、中空糸膜束 104 を構成する中空糸膜の外側を通流する。中空糸膜の外側には、湿潤空気から分離させられた水分が移動してきており、この水分によって乾燥空気が加湿される。そして、加湿された乾燥空気は第 1 の出口 103 から流出されるというものである。

【0005】ところで、加湿膜モジュール（加湿装置 100）は、加湿量を確保するため、図 10 に示すように複数本束ねられ、直列や並列に接続されて使用されるケ

ースが多い。なお、図 10 において、符号 110 は、加湿膜モジュール 100 を束ねるヘッドである。

#### 【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の技術においては、性能確保のために加湿膜モジュールが長くなり、規定のエリアに収納することが困難になるという問題がある。また、複数の加湿膜モジュールを束ねるヘッドの部分は、放熱による熱ロスやガス分配性の低下による加湿性能低下を招くという問題がある。ちなみに、放熱により加湿膜モジュール内を流通する流体の温度が下がると、流体の飽和水蒸気量が小さくなるので加湿効率が低下する。また、複数の加湿膜モジュールを束ねると、全体の表面積が大きくなるので、放熱による熱ロスが問題になる。一方、加湿膜モジュールを太くすると偏流が生じ易くなり、加湿効率が低下する。また、複数のガス（流体）を加湿したいような場合、例えば燃料電池における空気と水素を加湿したい場合、必然的に加湿膜モジュールの本数を増やさなければならないという問題がある。そこで、本発明は、かかる課題を解決することを主たる目的とする。

#### 【0007】

【課題を解決するための手段】前記課題に鑑み本発明者らは鋭意研究を行い、加湿膜モジュール内を流通する流体を折り返して（ターンして）流通させることにより、課題が解決されることを見出し、本発明を完成させるに至った。即ち、前記課題を解決した本発明は、（1）内側と外側とにそれぞれ接する流体間で水分交換を行うことが可能な中空糸膜を束ねてハウジングに收容し、その一端側と他端側の両端を固定部により固定した中空糸膜束と、（2）前記水分交換を行う流体のそれぞれの入口及び出口とを備えた加湿モジュールにおいて、（3）前記中空糸膜束をその長さ方向に断面視して少なくとも第 1 の部分と第 2 の部分に仕切り、かつその一方の端部で前記中空糸膜の外側を流通する流体の前記第 1 の部分から第 2 の部分への流通又は前記第 2 の部分から第 1 の部分への流通を許容する仕切材と、（4）前記中空糸膜の外側を流通する流体を前記仕切材により前記ハウジングの内側で折り返して流通させるように配された該流体の入口及び出口を備えることを特徴とする。

【0008】仕切材は、中空糸膜束を仕切って、中空糸膜の外側を流通する流体が仕切材を超えて混合しないようにしている。その一方で、仕切材の一方の端部（端部近傍を含む範囲）では、流体の流通が許容される。中空糸膜の外側を流通する流体は、この仕切材と入口・出口により、ハウジング内を折り返すように流通する。このように折り返して流体を流通すると、中空糸膜の外側を流通する流体にかかる部分については、中空糸膜の長さを長くしたのと同様の作用を確実に得ることができる。また、流体を折り返して流通することにより、加湿膜モジュールとしての表面積が少なくなるので（中空糸膜の

全表面積は同じでも）、放熱を少なくすることができる。なお、仕切材により仕切られるので、偏流が低減又は防止される。ここで、請求項 1 の用語「中空糸膜束をその長さ方向に断面視して」とは、後記する発明の実施の形態で参照する図 2（b）のようにして中空糸膜束を断面視することである。この点について次の請求項 2 の用語も同じである。

【0009】また、本発明は（請求項 2）は、請求項 1 の構成において、（1）前記中空糸膜束をその長さ方向に断面視して少なくとも第 1 の中空糸膜束と第 2 の中空糸膜束に区画するように配され、前記第 1 の中空糸膜束を構成する中空糸膜の内側に流体を流入させる入口及び前記第 2 の中空糸膜束を構成する中空糸膜の内側から流体を流出させる出口と、（2）前記一端側又は他端側の少なくとも一方の固定部の外側に設けられ、前記第 1 の中空糸膜を構成する中空糸膜の内側から流出した流体を当該部分で折り返し、前記第 2 の中空糸膜を構成する中空糸膜の内側に流入させる折返し部を備えることを特徴とする。

【0010】この構成では、中空糸膜の内側を流通する流体は、入口から第 1 の中空糸膜束を構成する中空糸膜の内側を流通し、折返し部で折り返して第 2 の中空糸膜束を構成する中空糸膜の内側を流通し、出口から流出する。このように折り返して流通すると、中空糸膜の内側を流通する流体にかかる部分については、中空糸膜の長さを長くしたのと同様の作用を確実に得ることができる。また、流体を折り返して流通することにより、加湿膜モジュールとしての表面積が少なくなるので（中空糸膜の全表面積は同じでも）、放熱を少なくすることができる。ちなみに、請求項 1 の「第 1 の部分」を構成する中空糸膜の全てが請求項 2 の「第 1 の中空糸膜束（又は第 2 の中空糸膜束）」の全てを構成するとは限らない。例えば、「第 1 の中空糸膜束（又は第 2 の中空糸膜束）」が「第 1 の部分」の一部と「第 2 の部分」の一部により構成されることもある。つまり、請求項 1 は、中空糸膜の外側を流通する流体の流れを規制するものであり、この請求項 2 は、中空糸膜の内側を流通する流体の流れを規制するものである。

【0011】また、本発明（請求項 3）は、請求項 1 の構成において、（1）前記中空糸膜の内側を流通する流体を前記加湿モジュールの一端側又は他端側から流入させてその逆側から流出させる第 1 の入口及び第 1 の出口と、（2）前記第 1 の入口及び第 1 の出口から独立し、前記中空糸膜の内側を流通する流体を前記加湿モジュールの一端側又は他端側から流入させてその逆側から流出させる第 2 の入口及び第 2 の出口を少なくとも備えることを特徴とする。

【0012】この構成では、中空糸膜の内側を流通する流体は折り返されないでそのまま中空糸膜から流出する。但し、第 1 の入口から流入した流体は、第 1 の出口

から流出する。第2の入口から流入した流体は、第2の出口から流出する。このため、中空糸膜の内側に少なくとも2種類の流体を、両者が混合することなく通流して流出させることができる。

【0013】また、本発明（請求項4）は、請求項1ないし請求項3の構成において、前記仕切材が筒状仕切材であり、該筒状仕切材により前記中空糸膜束がその厚み方向に少なくとも内層と外層に分離されていることを特徴とする。

【0014】この構成によれば、一例として、後記する発明の実施の形態のように、同心円状に中空糸膜束が仕切られる。

【0015】また、本発明（請求項5）は、請求項4の構成において、前記内層の少なくとも一方の端部を中空形状とし、この中空形状の内層の中空内側に前記中空糸膜の外側を通流する流体の入口又は出口を設けたことを特徴とする。

【0016】中空糸膜の内側を通流する流体は、ポッティング部などと呼ばれる端部から、中空糸膜の内側に流入／流出される。一方、中空糸膜の外側を通流する流体は、ハウジングの外側から流入／流出されるが、この構成では、少なくとも一方の端部が中空形状になった内層の中空内側に、中空糸膜の外側を通流する流体の入口又は出口が設けられる（後記する発明の実施の形態〔第1実施形態及び第3実施形態〕では内層の全長に亘って中空形状になっている）。従って、中空糸膜の内側を通流する流体を折り返すようにする入口及び出口のレイアウトを、自由に設計することができる。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、加湿膜モジュールの実施形態（第1実施形態～第4実施形態）を、図面を参照して詳細に説明する。

【0018】《第1実施形態》第1実施形態の加湿膜モジュールを説明する。図1は、第1実施形態の加湿膜モジュールの斜視図である。図2は、第1実施形態の加湿膜モジュールの（a）が側断面図であり、（b）が

（a）のA-A線矢視図であり、（c）が（a）のB-B線矢視図である。

【0019】第1実施形態の加湿膜モジュール10は、中空糸膜の内側に乾燥空気を通流させる一方で、中空糸膜の外側に湿潤空気を通流させる。そして、湿潤空気的水分を、中空糸膜を介して乾燥空気の側に移動し、乾燥空気を加湿する。また、乾燥空気は、加湿膜モジュール10の内側で折り返して通流するように構成される。さらに、加湿空気も、加湿膜モジュール10（ハウジング11）の内側で折り返して通流するように構成される。

【0020】このため、図1及び図2に示すように、第1実施形態の加湿膜モジュール10は、ハウジング1

1、中空糸膜束12、第1ヘッドカバー13、第2ヘッドカバー14、第1ポッティング部15、第2ポッティ

ング部16、筒状仕切材17などにより構成される。

【0021】ハウジング11は、両端が開放された中空円筒形状の外側ハウジング11aの内側に、同じく両端が開放された中空円筒形状の内側ハウジング11bが挿入された2重円筒構造をしている。外側ハウジング11aと内側ハウジング11bの間（ハウジング11の中）には、多数の中空糸膜を束ねた中空糸膜束12が挿入されている。また、外側ハウジング11aの一端側近傍には、ハウジング11の中から加湿に使用された湿潤ガスを流出させる穴11a'が周方向に適宜間隔を置いて複数個設けられている。一方、内側ハウジング11bの一端側近傍には、ハウジング11の中に湿潤空気を流入する穴11b'が周方向に適宜間隔を置いて複数個設けられている。つまり、ハウジング11の一端側（図2

（a）において左側）にのみ湿潤空気の出入口（穴11a'、穴11b'）が設けられ、ハウジング11の他端側には湿潤空気の出入口は設けられない。このため、湿潤空気はハウジング11の中で折り返されることになる。なお、ハウジング11の中に流入された湿潤空気は、中空糸膜同士の間などの中空糸膜の外側を通流する。ちなみに、ハウジング11（外側ハウジング11a、内側ハウジング11b）は、金属材料や繊維強化プラスチック（FRP）など、気密性を有する材料から構成される。

【0022】中空糸膜束12は、後記する筒状仕切材17により、外層中空糸膜束12aと内層中空糸膜束12bに仕切られている（内層中空糸膜束12bは内側ハウジング11bによりその全長に亘って中空形状をしている）。また、中空糸膜束12は、その両端をポッティング部（第1ポッティング部15、第2ポッティング部16）により固定されている。ポッティング部15、16の外側には、各中空糸膜の中空通路部分が露出しており、ここから各中空糸膜の内側に乾燥空気が流入（供給）されるようになっている。なお、ハウジング11の中における中空糸膜の充填率は、例えば40～70%程度になっており、中空糸膜同士の間に空間を確保し、中空糸膜の外側を湿潤空気を通流できるようにしている。

【0023】第1ヘッドカバー13は、第1ポッティング部15の全体及び外側ハウジング11aの一端側近傍（穴11a'）を覆うように装着されるカバーである。また、第1ヘッドカバー13は、乾燥空気を中空糸膜束12（外層中空糸膜束12a）を構成する中空糸膜の内側に流入するための仕切られた乾燥空気入口13a、加湿空気が中空糸膜束22（内層中空糸膜束12b）から流出するための仕切られた加湿空気出口13bを有する。さらに、第1ヘッドカバー13は、内層中空糸膜束12bのさらに内側からハウジング11の中に湿潤空気を供給するための湿潤空気入口13cを有する（湿潤空気は内層中空糸膜束12bの中空糸膜間を通流する）。また、第1ヘッドカバー13は、外層中空糸膜束12a

の中空糸膜間を通流した湿潤空気を流出する湿潤空気出口 13 d を有する。なお、符号 13 a' は、乾燥空気入口 13 a からの乾燥空気を各中空糸膜の内側に分配するための分配通路である。また、符号 13 b' は、中空糸膜の内側から流出した加湿空気を集合して加湿空気出口に導く集合通路である。また、符号 13 c' は、湿潤空気入口 13 c からの湿潤空気を内側ハウジング 11 b の一端近傍に設けられた穴 11 b' に導く中通し配管である。また、符号 13 d' は、外側ハウジング 11 a の一端側近傍に設けられた穴 11 a' から流出した湿潤空気を集合して湿潤空気出口 13 d に導く集合通路である。また、符号 G は、中通し配管 13 c' と後記する折返し部 14 a とが連通するのを阻止する軽量の充填材である。ちなみに、各出入口 13 a, 13 b, 13 c, 13 d 及び各通路 13 a', 13 b', 13 c', 13 d' は、それぞれの流体（空気）が混合しないような構造になっている。

【0024】第2ヘッドカバー14は、第2ポッティング部16の全体を覆うように、ハウジング11の他端側に装着されるカバーである。第2ヘッドカバー14は、その内部の空間（折返し部14a）により、外層中空糸膜束12aを構成する中空糸膜の内側から流出した乾燥空気を折り返して、内層中空糸膜束12bを構成する中空糸膜の内側に流入する役割を有する。なお、第2ヘッドカバー14の折返し部14aに突出した部分は、乾燥空気の分配を良くするためのものであるが、これをなくする構成でもよい。

【0025】第1ポッティング部15及び第2ポッティング部16は、中空糸膜をハウジング11に固定する役割を有する。各ポッティング部15, 16の外側（中空糸膜束12から離間する方向）には、前記したように中空糸膜の内側通路が露出している。このため、中空糸膜の内側を通流する乾燥空気は、中空糸膜の外側を通流する湿潤空気と混合することがない。ちなみに、ポッティング部15, 16は、ハウジング11に所定数の中空糸膜を挿通し、ハウジング11の両端面近傍の中空糸膜をハウジング11と共に接着剤で充分接着固定した後、ハウジング11の両端に沿って中空糸膜を切断除去することにより作成される。

【0026】筒状仕切材17は、両端が開放された中空円筒形状をしている。筒状仕切材17の一端側は、第1ポッティング部15に密着して固定されている。また、筒状仕切材17の他端側は、第2ポッティング部16に密着して固定されている。その一方で、筒状仕切材17の他端側の近傍には、通流部17aが設けられている。従って、内層中空糸膜束12bの中空糸膜の外側を通流した湿潤空気は外層中空糸膜束12aに導かれる。ちなみに、以下の説明において、筒状仕切材17の内側を「内層部」、筒状仕切材17の外側を「外層部」とよぶ。内層部及び外層部は、特許請求の範囲における「第

1の部分」及び「第2の部分」に相当する。なお、図2に示すように、本実施形態では、通流部17aが複数の穴により構成されるものとしたが、筒状仕切材17の長さを短くして、他端側が第2ポッティング部16に密着しないようにすることで通流部（17a）が構成されるものとしてもよい。

【0027】次に、この第1実施形態の加湿膜モジュール10の動作を、図1～図3を参照して説明する。図3は、加湿膜モジュールが適用される燃料電池システムの概略構成を示す図である。なお、図3の符号FCは酸素と空気を供給されて発電する燃料電池であり、符号Eは水を循環するエジェクタである。その他の符号は、図1及び図2と同じである。

【0028】図3の空気供給系において、図示しない空気コンプレッサ（スーパーチャージャ）により外気から取り込まれて圧送される空気（乾燥空気）は、加湿膜モジュール10の第1ヘッドカバー13に設けられた乾燥空気入口13aに供給される。乾燥空気は、ここから分配通路13a'を通流し、外層中空糸膜束12a（往路）の中空糸膜の内側に流入する。中空糸膜の内側では、中空糸膜の外側を通流する湿潤空気により乾燥空気が加湿される。乾燥空気は、やがて第2ヘッドカバー14の折返し部14aに到達し、中空糸膜の外側に流出する。閉ざされた空間である折返し部14aでは、乾燥空気は出口を求めて内層中空糸膜12b（復路）の中空糸膜の内側に流入する。中空糸膜の内側では、中空糸膜の外側を通流する湿潤空気によりさらに乾燥空気が加湿される。そして、乾燥空気は、加湿空気として中空糸膜の内側から流出し、第1ヘッドカバー13の集合通路13b'により集められ、加湿空気出口13bを通じて加湿膜モジュール10から流出する。加湿空気は、適宜温調などされて、燃料電池FCのカソード極側入口に供給される。

【0029】燃料電池FCのカソード極側に供給された加湿空気には酸素が含まれているが、酸素は、水素供給系から燃料電池FCのアノード極側に供給された水素と電気化学的に反応する。これにより水が生成する。同時に発電が行われる。生成した水（生成水）は、空気に伴伴され湿潤空気となり、燃料電池FCから排出される。なお、発電された電力は、モータなどの負荷に供給される。

【0030】燃料電池FCから排出された湿潤空気は、加湿膜モジュール10の第1ヘッドカバー13に設けられた湿潤空気入口13cに供給される。湿潤空気は、ここから中通し配管13c'を通流し、内側ハウジング11bの穴11b'からハウジング11の内層部に流入する（往路）。ハウジング11の内層部では、湿潤空気は、内層中空糸膜束12bの中空糸膜の間を通流する。この間、湿潤空気は中空糸膜の内側を通流する乾燥空気を加湿する。湿潤空気は、ハウジング11の他端側に達すると、筒状仕切材17の通流部17aを介して、内層

部から外層部に通流する（復路）。外層部では、湿潤空気は、外層中空糸膜束 1 2 a の中空糸膜の間を通流する。この間、湿潤空気は、中空糸膜の内側を通流する乾燥空気をさらに加湿する。そして、湿潤空気は、外側ハウジング 1 1 a の穴 1 1 a' からハウジング 1 1 の外に流出し、第 1 ヘッドカバー 1 3 の集合通路 1 3 d' により集められ、湿潤空気出口 1 3 d から加湿膜モジュール 1 0 を流出する。流出した湿潤空気は大気中に放散される。

【 0 0 3 1 】ところで、この第 1 実施形態の加湿膜モジュール 1 0 は、乾燥空気及び湿潤空気が加湿膜モジュール 1 0 の中で（ハウジング 1 1 の中で）折り返して通流されるため、加湿膜モジュール 1 0 の長さを短縮することができる。このため、狭い場所にも加湿膜モジュール 1 0 を設置することができる。また、折り返して通流する分、加湿膜モジュール 1 0 としての表面積を小さくすることができる。このため、従来問題となっていた放熱による熱ロスを解消することができる（加湿効率も向上する）。ちなみに、ハウジング 1 1 の長さを半分（1/2）にしても、ハウジング 1 1 の直径を 1. 4 1 4 倍（ $\sqrt{2}$  倍）にすれば、長さを半分にした中空糸膜ではあるが本数を倍収容することができる。つまり、長さを半分にしても、直径を 1. 4 1 4 倍すれば収容される中空糸膜の総表面積は同じになる。もちろん、ハウジング 1 1（加湿膜モジュール 1 0）としての表面積は、ハウジング 1 1 の長さを半分にして直径を 1. 4 1 4 倍にする方が小さくなるのは、簡単な計算からわかる。

【 0 0 3 2 】また、ハウジング 1 1 の中は、筒状仕切材 1 7 により、湿潤空気の流路（中空糸膜束 1 2）が仕切られている。このため、ハウジング 1 1 の直径を太くしても、換言すると、ハウジング内に収容される中空糸膜の数を増やしても、偏流が生じ難い。また、加湿効率を低下させるデッドスペースも少なくすることができる。なお、偏流は、例えば中空糸膜の配置に疎密がある場合に、配置が疎な部分は流体が流れ易く、配置が密な部分は流体が流れ難いという現象である。また、デッドスペースは、流体の流れが淀んでいる部分である。図 1 1 にデッドスペースが生じ易い部分を模式的に示す。図 1 1 は、中空糸膜の外側におけるデッドスペースが出来やすい部分を模式的に示した側断面図であり、（a）は本願実施形態例、（b）は従来例である。この模式図からも分かるように、本願実施形態は、従来例に比べて破線で示すデッドスペースが少ないことが理解できる。これは、中空糸膜の外側の総表面積が同じでも、流路断面面積が従来例に比べて小さいからである。この分偏流も少なくすることができる。なお、図 1 1 において、黒く塗りつぶした太い矢印は、中空糸膜の外側を通流する流体の流れを示す。ちなみに、本願実施例の場合は、中空糸膜の内側を通流する流体の分配も、従来例に比べて良好に行うことができる。これは、流体の入口／出口の断面面積

が従来例に比べて小さいからである。

【 0 0 3 3 】また、ハウジング 1 1 の直径を太くしても偏流が生じ難いので、従来のように複数の加湿膜モジュール（図 9 の加湿装置 1 0 0）を複数接続する必要があるような場合でも、太い 1 本の加湿膜モジュール 1 0 で、加湿を行うことができるようになる。すると、従来必要だったヘッド 1 1 0（図 1 0 参照）が不要になるので、ヘッド 1 1 0 からの放熱による熱ロスを解消することができる。もちろん、複数の加湿膜モジュール 1 0 0 を 1 本の加湿膜モジュール 1 0 に纏めるので、加湿膜モジュール 1 0 としての表面積を小さくすることができる。このため、放熱による熱ロスを低減することができる。また、従来のような複数の加湿膜モジュール 1 0 0 をヘッド 1 1 0 で束ねる場合に問題となる、ヘッド 1 1 0 によるガス分配性の低下がない（ヘッド 1 1 0 が不要であるから）。また、筒状仕切材 1 7 によれば、中空糸膜束 1 2 の仕切り（区画）を容易に行うことができる。

【 0 0 3 4 】このように、第 1 実施形態の加湿膜モジュール 1 0 は、種々の優れた効果を有する。

【 0 0 3 5 】《第 2 実施形態》次に、第 2 実施形態の加湿膜モジュールを説明する。図 4 は、第 2 実施形態の加湿膜モジュールの（a）が側断面図であり、（b）が（a）の A-A 矢視図であり、（c）が B-B 矢視図である。

【 0 0 3 6 】第 2 実施形態の加湿膜モジュール 2 0 は、中空糸膜の内側に乾燥空気を通流させる一方で、中空糸膜の外側に湿潤空気を通流させる。そして、湿潤空気の水分を、中空糸膜を介して乾燥空気の側に移動し、乾燥空気を加湿する。また、乾燥空気は、加湿膜モジュール 2 0 の内側で折り返して通流するように構成される。さらに、湿潤空気も、加湿膜モジュール 2 0（ハウジング 2 1）の内側で折り返して通流するように構成される。

【 0 0 3 7 】このため、図 4 に示すように、第 2 実施形態の加湿膜モジュール 2 0 は、ハウジング 2 1、中空糸膜束 2 2、第 1 ヘッドカバー 2 3、第 2 ヘッドカバー 2 4、第 1 ポッティング部 2 5、第 2 ポッティング部 2 6、筒状仕切材 2 7 などにより構成される。なお、後記するように筒状仕切材 2 7 は、内側ハウジング 2 1 b を兼ねる構成を有する（内側ハウジング 2 7 が筒状仕切材 2 1 b を兼ねる）。

【 0 0 3 8 】ハウジング 2 1 は、両端が開放された中空円筒形状の外側ハウジング 2 1 a の内側に、同じく両端が開放された中空円筒形状の内側ハウジング 2 1 b が挿入された 2 重円筒構造をしている。但し、図 4（a）に示すように、内側ハウジング 2 1 b の長さが長く、外側ハウジング 2 1 a に対して突出している（図面の左側に向けて突出）。そして、この突出した部分から、内側ハウジング 2 1 b の内側（内層部）に湿潤空気を流入できるようにになっている。なお、この内側ハウジング 2 1 b は、後記する仕切材 2 7 を兼ねるものである（仕切材 2

7が内側ハウジング21bを兼ねる)。外側ハウジング21aの内側及び内側ハウジング21bの内側(ハウジング21の中)には、多数の中空糸膜を束ねた中空糸膜束22が挿入されている。また、外側ハウジング21aの一端側近傍には、ハウジング21の中から加湿に使用された湿潤ガスを流出させる穴21a'が周方向に適宜間隔を置いて複数個設けられている。一方、外側ハウジング21aに対して突出した内側ハウジング21bの一端側近傍には、ハウジング21の中に湿潤空気を流入する穴21b'が周方向に適宜間隔を置いて複数個設けられている。つまり、ハウジング21の一端側(図4(a)において左側)にのみ湿潤空気の出入口(穴21a', 穴21b')が設けられ、ハウジング21の他端側には湿潤空気の出入口は設けられない。このため、湿潤空気はハウジング21の中で折り返されることになる。なお、ハウジング21の中に流入された湿潤空気は、中空糸膜同士の間などの中空糸膜の外側を流通する。ちなみに、ハウジング21(外側ハウジング21a, 内側ハウジング21b)は、金属材料や繊維強化プラスチック(FRP)など、気密性を有する材料から構成される。

【0039】中空糸膜束22は、内側ハウジング21a(筒状仕切材27)により、外層中空糸膜束22aと内層中空糸膜束22bとに仕切られている。また、中空糸膜束22は、その両端をポッティング部(第1ポッティング部25、第2ポッティング部26)により固定されている。ポッティング部25、26の外側には、各中空糸膜の中空通路部分が露出しており、ここから各中空糸膜の内側に乾燥空気が流入(供給)されるようになっている。なお、内側ハウジング21bが外側ハウジング21aから突出していることから、第1ポッティング部25は、外側ポッティング部25aと内側ポッティング部25bに分かれている。なお、ハウジング21の中における中空糸膜の充填率は、例えば40~70%程度になっており、中空糸膜同士の間には空間を確保し、中空糸膜の外側を湿潤空気が流通できるようにしている。

【0040】第1ヘッドカバー23は、第1ポッティング部25(25a, 25b)の全体及び外側ハウジング21aの一端側近傍(穴21a')を覆うように装着されるカバーである。また、第1ヘッドカバー23は、乾燥空気を中空糸膜束22(外層中空糸膜束22a)の中空糸膜の内側に流入するための仕切られた乾燥空気入口23a、加湿空気が中空糸膜束22(内層中空糸膜束22b)から流出するための仕切られた加湿空気出口23bを有する。さらに、第1ヘッドカバー23は、内側ハウジング21b(仕切材27)の中に湿潤空気を供給するための湿潤空気入口23cを有する(湿潤空気は内層中空糸膜束22bの中空糸膜間を流通する)。また、第1ヘッドカバー23は、外層中空糸膜束22aの中空糸膜間を流通した湿潤空気を流出する湿潤空気出口23d

を有する。なお、符号23a'は、乾燥空気入口23aからの乾燥空気を各中空糸膜の内側に分配するための分配通路である。また、符号23b'は、中空糸膜の内側から流出した加湿空気を集合して加湿空気出口に導く集合通路である。また、符号23c'は、湿潤空気入口23cからの湿潤空気を内側ハウジング21bの一端側近傍に設けられた穴21b'に導く分配通路である。また、符号23d'は、外側ハウジング21aの一端側近傍に設けられた穴21a'から流出した湿潤空気を集合して湿潤空気出口23dに導く集合通路である。ちなみに、各出入口23a, 23b, 23c, 23d及び各通路23a', 23b', 23c', 23d'は、それぞれの流体(空気)が混合しないような構造になっている。

【0041】第2ヘッドカバー24は、第2ポッティング部26の全体を覆うように、ハウジング21の他端側に装着されるカバーである。第2ヘッドカバー24は、その内部の空間(折返し部24a)により、外層中空糸膜束22aを構成する中空糸膜の内側から流出した乾燥空気を折り返して、内層中空糸膜束22bを構成する中空糸膜の内側に流入する役割を有する。

【0042】第1ポッティング部25及び第2ポッティング部26は、中空糸膜をハウジング21(外側ハウジング21a、内側ハウジング21b)に固定する役割を有する。各ポッティング部25、26の外側(中空糸膜束22から離間する方向)には、前記したように中空糸膜の内側通路が露出している。このため、中空糸膜の内側を流通する乾燥空気は、中空糸膜の外側を流通する湿潤空気と混合することがない。

【0043】筒状仕切材27は、内側ハウジング21bを兼ねる(内側ハウジング21bが筒状仕切材27を兼ねる)。筒状仕切材27の他端側(第2ヘッドカバー24側)は、第2ポッティング部26に密着して固定されている。その一方で、筒状仕切材27の他端側の近傍には、通流部27aが設けられている。従って、内層中空糸膜束22bの中空糸膜の外側を流通した湿潤空気は外層中空糸膜束22aに導かれる。

【0044】次に、この第2実施形態の加湿膜モジュール20の動作を、図3及び図4を参照して説明する。

【0045】図3の空気供給系において、図示しない空気コンプレッサにより外気から取り込まれて圧送される空気(乾燥空気)は、加湿膜モジュール20の第1ヘッドカバー23に設けられた乾燥空気入口23aに供給される。乾燥空気は、ここから分配通路23a'を通過し、外層中空糸膜束22a(往路)の中空糸膜の内側に流入する。中空糸膜の内側では、中空糸膜の外側を流通する湿潤空気により乾燥空気が加湿される。乾燥空気は、やがて第2ヘッドカバー24の折返し部24aに到達し、中空糸膜の外側に流出する。閉ざされた空間である折返し部24aでは、乾燥空気は出口を求めて内層中空糸膜22b(復路)の中空糸膜の内側に流入する。中



中空糸膜の内側では、中空糸膜の外側を通過する湿潤空気によりさらに乾燥空気が加湿される。そして、乾燥空気は、加湿空気として中空糸膜の内側から流出し、第1ヘッドカバー23の集合通路23b'により集められ、加湿空気出口23bから加湿膜モジュール20を流出する。加湿空気は、適宜温調などされて、燃料電池FCのカソード極側入口に供給される。

【0046】一方、燃料電池FCのカソード極から排出された湿潤空気は、加湿膜モジュール20の第1ヘッドカバー23に設けられた湿潤空気入口23cに供給される。湿潤空気は、ここから分配通路23c'を通過し、内側ハウジング21bの穴21b'からハウジング21の内層部に流入する(往路)。ハウジング21の内層部では、湿潤空気は、内層中空糸膜束22bの中空糸膜の間を通過する。この間、湿潤空気は乾燥空気を加湿する。湿潤空気は、ハウジング21の他端側に達すると、筒状仕切材27(内側ハウジング21b)の通路部27aを介して、内層部から外層部に通過する(復路)。外層部では、湿潤空気は、外層中空糸膜束22aの中空糸膜の間を通過する。この間、湿潤空気は、中空糸膜の内側を通過する乾燥空気をさらに加湿する(加湿空気は水分が分離される)。そして、湿潤空気は、外側ハウジング21aの穴21a'からハウジング21の外に流出し、第1ヘッドカバー23の集合通路23d'により集められ、加湿空気出口23dから加湿膜モジュール20を流出する。流出した湿潤空気は大気中に放散される。

【0047】ところで、この第2実施形態の加湿膜モジュール20も、第1実施形態の加湿膜モジュール10と同様に、乾燥空気及び湿潤空気が折り返して通過されるなど、その特徴を同一とする。従って、第1実施形態の加湿膜モジュール10と同様の優れた作用効果を有する。なお、第1実施形態の加湿膜モジュール10の中空糸膜束12は、内側ハウジング11bにより全長に亘って中空形状(断面ドーナツ形状)をしている。一方、第2実施形態の加湿膜モジュール20は、かかる内側ハウジングがなく、中空糸膜束22の中心部分にも中空糸膜を配することができる。このため、第2実施形態の加湿膜モジュール20は、直径を小さくすることが可能になる。

【0048】《第3実施形態》第3実施形態の加湿膜モジュールを説明する。図5は、第3実施形態の加湿膜モジュールの(a)が側断面図であり、(b)が(a)のA-A線矢視図であり、(c)が(a)のB-B線矢視図である。

【0049】第3実施形態の加湿膜モジュール30は、第1実施形態の加湿膜モジュール10(図2など参照)と基本構成を同一にしているが、以下の点で加湿膜モジュール10と構成を異にする(以下、異なる点を説明する)。つまり、第3実施形態の加湿膜モジュール30

は、中空糸膜の内側に異なる2種類の乾燥気体(この第3実施形態では乾燥空気と水素)を、それぞれ混合しないように、かつ折り返すことなく通過させて抜き出す。その一方で、中空糸膜の外側に単一種類の湿潤空気を通過させて抜き出す。そして、湿潤空気の水分を、中空糸膜を介して2種類の乾燥気体の側にそれぞれ移動し、乾燥空気及び水素を加湿する。なお、湿潤空気は、加湿膜モジュール30(ハウジング31)の内側で折り返して通過するように構成される(この点は第1実施形態と同じである)。

【0050】このため、図5に示すように、第3実施形態の加湿膜モジュール30は、第2ヘッドカバー34に水素用の第1の乾燥気体出口34aを有し、符号33aの第1の乾燥気体入口(第1ヘッドカバー33に設けられている)から流入して外層中空糸膜束32aを通過した水素は、他の気体と混合することなく加湿される。なお、符号34a'は集合通路であり、外層中空糸膜束32aから流出した水素(加湿済み)を集合して、第1の乾燥気体出口34aに導く。ちなみに、外層中空糸膜束32aを構成する中空糸膜は、イオン水和型の中空糸膜であり、多数の微細な穴(直系約10nm程度)を多数有する毛管凝縮型とは異なるタイプであり、原理的に水分(水蒸気)以外の気体(水素、酸素、窒素、...)を透過しない(つまりガスバリア性が優れている)。このため、一つの加湿膜モジュール30に、組成の異なる流体を通過しても、流体が混合することがない。

【0051】また、図5に示すように、第2ヘッドカバー34に空気用の第2の乾燥気体入口34bを有し、該入口34bから内層中空糸膜束32bを通過した乾燥空気は、第1ヘッドカバー33の第2の乾燥気体出口33bから流出するようになっている。なお、符号34b'は、第2の乾燥気体入口34bから流入した乾燥空気を、内層中空糸膜束32bの各中空糸膜に分配する分配通路である。ちなみに、内層中空糸膜束32bは、毛管凝縮型の中空糸膜である。これは、内層中空糸膜束32bの中空糸膜の内側を通過する気体は、空気(酸素・窒素)であり、水素に比べて透過速度が遅く、酸素や窒素が透過することが少ないからである。また、仮に透過しても、中空糸膜の外側を通過する気体は同じ空気(湿潤空気)であり、問題がないからである。

【0052】なお、他の構成は、第1実施形態の加湿膜モジュール10と同じであるので、説明を省略する(符号が10番代か30番代かの違いのみである)。

【0053】次に、この第3実施形態の加湿膜モジュール30の動作を、図5及び図6を参照して説明する。図6は、乾燥空気及び水素を一つの加湿膜モジュールで加湿する燃料電池システムの概略構成を示す図である。

【0054】図6において、図示しない空気コンプレッサ(スーパーチャージャ)により外気から取り込まれて圧送される空気(乾燥空気)は、加湿膜モジュール30の

第2ヘッドカバー34(図5参照)に設けられた第2の乾燥気体入口34bに供給される。乾燥空気は、ここから分配通路34b'を通流し、内層中空糸膜束32bの中空糸膜の内側に流入する。中空糸膜の内側では、中空糸膜の外側を通流する湿潤空気により乾燥空気が加湿される。そして、乾燥空気は、内層中空糸膜束32bの中空糸膜を流出する。流出した加湿済みの乾燥空気は、集合通路33b'で集められ、第1ヘッドカバー33の第2の乾燥気体出口33bから加湿膜モジュール30を流出する。加湿空気は、適宜温調などされて、燃料電池FCのカソード極側入口に供給される。

【0055】一方、図6において、図示しない高圧水素容器から供給される水素(乾燥している)は、加湿膜モジュール30の第1のヘッドカバー33(図5参照)に設けられた水素用の第1の乾燥気体入口33aに供給される。水素は、ここから分配通路33a'を通流し、外層中空糸膜束32aの中空糸膜の内側に流入する。中空糸膜の内側では、中空糸膜の外側を通流する湿潤空気により水素が加湿される。そして、水素は、外層中空糸膜束32aの中空糸膜を流出する。流出した加湿済みの水素は、集合通路34a'で集められ、第2ヘッドカバー34の第1の乾燥気体出口34aから加湿膜モジュール30を流出する。流出した加湿水素は、適宜温調などされて、燃料電池FCのアノード極側入口に供給される。

【0056】燃料電池FCでは、前記したように、水素と酸素が電気化学的に反応し発電する。発電に際して生成した生成水は、空気に同伴されて湿潤空気となり、燃料電池FCから排出される。一方、燃料電池FCから排出された水素は、循環水素としてリサイクルされる。なお、発電された電力は、モータなどの負荷に供給される。

【0057】燃料電池FCのカソード極から排出された湿潤空気は、加湿膜モジュール30の第1ヘッドカバー33に設けられた湿潤空気入口33cに供給される。湿潤空気は、ここから中通し配管33c'を通流し、内側ハウジング31bの穴31b'からハウジング31の内層部に流入する(往路)。ハウジング31の内層部では、湿潤空気は、内層中空糸膜束32bの中空糸膜の間を通流する。この間、湿潤空気は中空糸膜の内側を対向して通流する乾燥空気を加湿する。湿潤空気は、ハウジング31の他端側に達すると、筒状仕切材37の通流部37aを介して、内層部から外層部に通流する(復路)。外層部では、湿潤空気は、外層中空糸膜束32aの中空糸膜の間を通流する。この間、湿潤空気は、中空糸膜の内側を対向して通流する水素を加湿する。なお、乾燥空気を加湿した後に水素を加湿するようにしてあるので乾燥空気の加湿がよく行われ、発電効率を高めることができる。もちろん、最初に水素を加湿してから空気を加湿するような構成としてもよい。そして、湿潤空気は、外側ハウジング31aの穴31a'からハウジング

31の外に流出し、第1ヘッドカバー33の集合通路33d'により集められ、湿潤空気出口33dから加湿膜モジュール30を流出する。流出した湿潤空気は大気中に放散(排気)される。

【0058】ところで、この第3実施形態の加湿膜モジュール30は、折り返して通流する湿潤空気により、2種類の乾燥気体(乾燥空気及び水素)を同時に加湿することができる。従って、従来個別に必要なだった、加湿膜モジュール100(図8参照)が1本の加湿膜モジュール30ですむようになる。もちろん、加湿膜モジュール100を束ねるヘッド110も不用である(図10参照)。このため、放熱ロスを少なくしたり、気体の分配を効率よく行える。また、湿潤空気に対して、乾燥空気、水素共に向流で通流するため、流体間の湿度差を大きくとることができるので、湿潤空気による乾燥空気及び水素の加湿が迅速に行われる(中空糸膜の長さ[ハウジング31の長さ]が短い場合の加湿に適している)。また、折り返して通流する湿潤空気の水分を良好に分離することができる(水分の有効活用及び排出される水分の低減)。また、第3実施形態では、水素を加湿する中空糸膜にガスバリア性の優れたイオン水和型の中空糸膜を用いているので、気体が混合することがない(水素のロスを防止して燃費を高めることができる)。

【0059】このように、第3実施形態の加湿膜モジュール30は、種々の優れた効果を有する。殊に、燃料電池に供給される乾燥空気と酸素を燃料電池から排出される湿潤空気により加湿するのに適している。

【0060】《第4実施形態》第4実施形態の加湿膜モジュールを説明する。図7は、第4実施形態の加湿膜モジュールの(a)が側断面図であり、(b)が(a)のA-A線矢視図であり、(c)が(a)のB-B線矢視図である。

【0061】第4実施形態の加湿膜モジュール40は、第2実施形態の加湿膜モジュール20(図4など参照)と基本構成を同一にしているが、以下の点で加湿膜モジュール20と構成を異にする(以下、異なる点を説明する)。つまり、第4実施形態の加湿膜モジュール40は、中空糸膜の内側に異なる2種類の乾燥気体(この第4実施形態では乾燥空気と水素)を、それぞれ混合しないように、かつ折り返すことなく通流させて抜き出す。その一方で、中空糸膜の外側に単一種類の湿潤空気を通流させて抜き出す。そして、湿潤空気の水分を、中空糸膜を介して2種類の乾燥気体の側にそれぞれ移動し、乾燥空気及び水素を加湿する。なお、湿潤空気は、加湿膜モジュール40(ハウジング41)の内側で折り返して通流するように構成される(この点は第2実施形態と同じである)。

【0062】このため、図7に示すように(図6を併せて参照)、第4実施形態の加湿膜モジュール40は、第2ヘッドカバー44に乾燥空気用の第1の乾燥気体出口

44aを有し、符号43aの第1の乾燥気体入口（第1ヘッドカバー43に設けられている）から流入して外層中空糸膜束42aを通流した乾燥空気は、他の気体と混合することなく加湿される。なお、符号44a'は集合通路であり、外層中空糸膜束42aから流出した乾燥空気（加湿済み）を集合して、第1の乾燥気体出口44aに導く。ちなみに、外層中空糸膜束42aを構成する中空糸膜は、第3実施形態と異なり乾燥空気を通流するため、毛管凝縮型の中空糸膜である。

【0063】また、図7に示すように（図6を併せて参照）、第2ヘッドカバー44に水素用の第2の乾燥気体入口44bを有し、該入口44bから内層中空糸膜束42bを通流した水素は、第1ヘッドカバー43の第2の乾燥気体出口43bから流出するようになっている。なお、符号44b'は、第2の乾燥気体入口44bから流入した水素を、内層中空糸膜束42bの各中空糸膜に分配する分配通路である。内層中空糸膜束32bは、第3実施形態と異なり水素を通流するため、イオン水和型の中空糸膜である。

【0064】なお、他の構成は、第2実施形態の加湿膜モジュール20と同じであるので、説明を省略する（符号が20番代か40番代かの違いのみである）。

【0065】次に、この第4実施形態の加湿膜モジュール40の動作を、図6及び図7を参照して説明する。

【0066】図6において、図示しない高圧水素容器から供給される水素（乾燥している）は、加湿膜モジュール40の第2ヘッドカバー34（図7参照）に設けられた第2の乾燥気体入口44bに供給される。水素は、ここから内層中空糸膜束42bの中空糸膜の内側に流入する。中空糸膜の内側では、中空糸膜の外側を通流する湿潤空気により水素が加湿される。そして、水素は、内層中空糸膜束42bの中空糸膜を流出する。流出した加湿済みの水素は、第1ヘッドカバー43の第2の乾燥気体出口43bから加湿膜モジュール40を流出する。加湿済みの水素は、適宜温調などされて、燃料電池FCのアンロード極側入口に供給される。

【0067】一方、図6において、空気コンプレッサ（スーパーチャージャ）により外気から取りこまれて圧送される空気（乾燥空気）は、加湿膜モジュール40の第1のヘッドカバー43（図7参照）に設けられた乾燥空気用の第1の乾燥気体入口43aに供給される。乾燥空気は、ここから分配通路43a'を通流し、外層中空糸膜束42aの各中空糸膜の内側に流入する。中空糸膜の内側では、中空糸膜の外側を通流する湿潤空気により乾燥空気が加湿される。そして、加湿された乾燥空気は、外層中空糸膜束42aの中空糸膜を流出する。流出した加湿済みの乾燥空気（加湿空気）は、集合通路44a'で集められ、第2ヘッドカバー44の第1の乾燥気体出口44aから加湿膜モジュールを流出する。流出した加湿空気は、適宜温調などされて、燃料電池FCのカソー

ド極側入口に供給される。

【0068】燃料電池FCでは、前記したように、水素と酸素が電気化学的に反応し発電する。発電に際して生成した生成水は、空気に同伴されて湿潤空気となり、燃料電池FCから排出される。一方、燃料電池FCから排出された水素は、循環水素としてリサイクルされる。なお、発電された電力は、モータなどの負荷に供給される。

【0069】燃料電池FCのカソード極から排出された湿潤空気は、加湿膜モジュール40の第1ヘッドカバー43に設けられた湿潤空気入口43cに供給される。湿潤空気は、ここから分配通路43c'を通流し、内側ハウジング41bの穴41b'からハウジング41の内層部に流入する（往路）。ハウジング41の内層部では、湿潤空気は、内層中空糸膜束42bの中空糸膜の間を通流する。この間、湿潤空気は中空糸膜の内側を対向して通流する水素を加湿する。湿潤空気は、ハウジング41の他端側に達すると、筒状仕切材47の通路部47aを介して、内層部から外層部に通流する（復路）。外層部では、湿潤空気は、外層中空糸膜束42aの中空糸膜の間を通流する。この間、湿潤空気は、各中空糸膜の内側を対向して通流する乾燥空気を加湿する。そして、湿潤空気は、外側ハウジング41aの穴41a'からハウジング41の外に流出し、第1ヘッドカバー43の集合通路43d'により集められ、湿潤空気出口43dから加湿膜モジュール40を流出する。流出した湿潤空気は大気中に放散（排気）される。

【0070】ところで、この第4実施形態の加湿膜モジュール40は、第3実施形態と同様に、2種類の乾燥気体（乾燥空気及び水素）を同時に加湿することができる。また、第2実施形態及び第3実施形態の加湿膜モジュール20、30の優れた点を併せ持つ。

【0071】《変形例》以下、仕切材の変形例を説明する。図8は、仕切材の変形例を示す図であり、（a-1）が平板状の仕切材の斜視図、（a-2）がその断面図、（b-1）が十字状の仕切材の斜視図、（b-2）がその断面図、（c-1）が筒状の仕切材の斜視図、（c-2）がその断面図、（c-3）が変形例の断面図である。

【0072】前記した第1実施形態から第4実施形態（図2、図4、図5、図7など参照）は、仕切材が筒状をした筒状仕切材17、27、37、47であり、かつこの筒状仕切材17、…を、ハウジング11、21、31、41の中心に配置している。

【0073】しかし、本発明では、請求項の「中空糸膜束をその長さ方向に断面視して少なくとも第1の部分と第2の部分に仕切り、かつその一方の端部で前記中空糸膜の外側を通流する流体の前記第1の部分から第2の部分への通流又は前記第2の部分から第1の部分への通流を許容する仕切材」は、図8のように構成することがで

きる。

【0074】図8の(a-1), (a-2)は、ハウジングを平板状の仕切材で仕切って、中空糸膜束を第1の部分と第2の部分に分ける。通流部が仕切材の一方の端部に設けられている。図8の(b-1), (b-2)は、ハウジングを十字状の仕切材で仕切って、中空糸膜束を第1の部分から第4の部分に分ける。通流部が仕切材の一方の端部に設けられている。なお、通流部が設けられる請求項の「一方の端部」とは、図8(b-1), (b-2)において、中空糸膜の外側を通流する流体が、一筆書きのよう、あるいは縫うように、第1の部分から第4の部分の全てを順番に通流するようにする仕切材への通流部の設け方も含んで意味するものである。また、図8の(c-1), (c-2)は、前記した実施形態と同じ筒状仕切材であるが、(c-3)は、ハウジング内に円筒状の仕切材を複数配置した断面図である。

【0075】このような変形例でも、前記実施形態での筒状仕切材と同様の作用効果を奏することができる。また、自由度が高まる。

【0076】なお、本発明は、さらに様々に変形して実施することができる。例えば、中空糸膜の内側と外側を通流する流体が逆になるようにし、中空糸膜の内側に湿潤空気が通流するようにしてもよい。また、変形例のように、中空糸膜をさらに多くの部分に仕切って、多くの種類の流体を通流するようにしてもよい。折り返しの回数も1回(1ターン)には限られない。

【0077】また、ハウジングは、ポッティング部により仕切られていることから、仕切材により仕切られたある一まとまりの中空糸膜束を構成する中空糸膜の内側に、異なる複数の流体を通流して、かつ混合することなく抜き出すこともできる。つまり、仕切材は、単に中空糸膜の外側を通流する流体を仕切るものであり、この仕切材により、中空糸膜の内側を通流する流体が制限を受けることはない。もちろん、仕切材を識別子にして中空糸膜の内側と外側を通流する流体を管理するようにしてもよい。ちなみに、前記した発明の実施形態は、請求項1における「第1の部分」及び「第2の部分」が、請求項2における「第1の中空糸膜束」及び「第2の中空糸膜束」と一致するものである。また、この加湿膜モジュールは、燃料電池以外にも適用することができるのはいうまでもない。

【0078】

【発明の効果】以上説明した本発明は、次のような優れた効果を有する。請求項1に記載の発明によれば、中空糸膜の外側を通流する流体にかかる部分については、中空糸膜の長さを長くしたのと同様の効果を確実に得ることができる。また、流体を折り返して通流することにより、加湿膜モジュールとしての表面積が少なくなるので(中空糸膜の全表面積は同じでも)、放熱を少なくすることができる。なお、仕切材により仕切られるので、偏

流が低減又は防止される。また、請求項2に記載の発明によれば、中空糸膜の内側を通流する流体を折り返して通流すると、中空糸膜の内側を通流する流体にかかる部分については、中空糸膜の長さを長くしたのと同様の作用を確実に得ることができる。また、流体を折り返して通流することにより、加湿膜モジュールとしての表面積が少なくなるので(中空糸膜の全表面積は同じでも)、放熱を少なくすることができる(流体中の水蒸気量が低減しないので加湿効率が向上する)。また、請求項3に記載の発明によれば、中空糸膜の内側に少なくとも2種類の流体を、両者が混合することなく通流して流出させることができ、例えば、燃料電池に供給される空気及び水素を、一つの加湿膜モジュールで加湿することができる。また、請求項4に記載の発明によれば、筒状に仕切るので、中空糸膜束の区画(分離)が容易である。また、また、請求項5に記載の発明によれば、中空糸膜の内側を通流する流体を折り返すようにする入口及び出口のレイアウトを、自由に設計することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明にかかる第1実施形態の加湿膜モジュールの斜視図である。

【図2】 図1の、(a)が側断面図、(b)が(a)のA-A線矢視図であり、(c)が(a)のB-B線矢視図である。

【図3】 図1の加湿膜モジュールが適用される燃料電池システムの概略構成を示す図である。

【図4】 本発明にかかる第2実施形態の加湿膜モジュールの、(a)が側断面図であり、(b)が(a)のA-A矢視図であり、(c)がB-B矢視図である。

【図5】 本発明にかかる第3実施形態の加湿膜モジュールの、(a)が側断面図であり、(b)が(a)のA-A線矢視図であり、(c)が(a)のB-B線矢視図である。

【図6】 図5の加湿膜モジュールが適用される燃料電池システム(乾燥空気及び水素を一つの加湿膜モジュールで加湿する燃料電池システム)の概略構成を示す図である

【図7】 本発明にかかる第4実施形態の加湿膜モジュールの、(a)が側断面図であり、(b)が(a)のA-A線矢視図であり、(c)が(a)のB-B線矢視図である。

【図8】 仕切材の変形例を示す図であり、(a-1)が平板状の仕切材の斜視図、(a-2)がその断面図、(b-1)が十字状の仕切材の斜視図、(b-2)がその断面図、(c-1)が筒状の仕切材の斜視図、(c-2)がその断面図、(c-3)が変形例の断面図である。

【図9】 従来例の加湿装置(加湿膜モジュール)の側断面図である。

【図10】 従来例における加湿膜モジュールを束ねて

21

使用する態様を説明する斜視図である。

【図 11】 中空糸膜の外側におけるデッドスペースが出来やすい部分を模式的に示した側断面図であり、

(a) は本願実施形態例、(b) は従来例である。

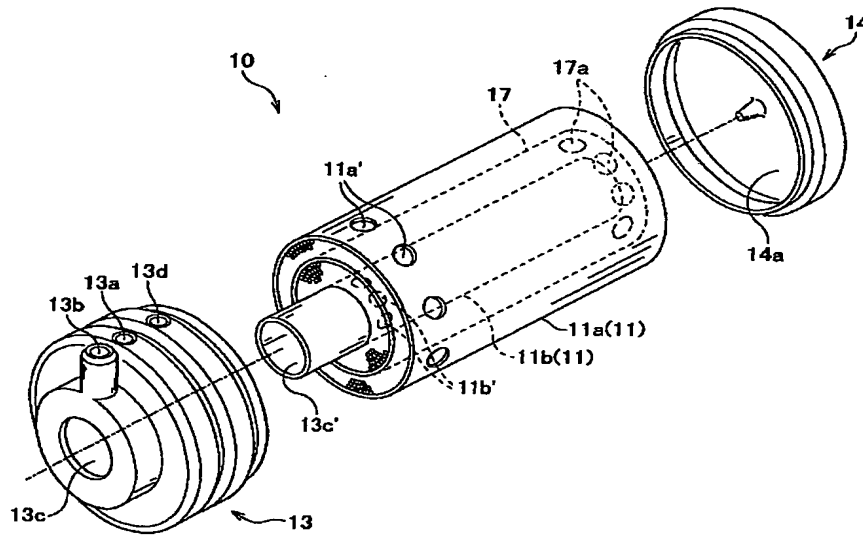
【符号の説明】

10, 20, 30, 40…加湿膜モジュール  
11, 21, 31, 41…ハウジング  
11a, 21a, 31a, 41a…外側ハウジング  
11a', 21a', 31a', 41a'…穴  
11b, 21b, 31b, 41b…内側ハウジング  
11b', 21b', 31b', 41b'…穴  
12, 22, 32, 42…中空糸膜束  
12a, 22a, 32a, 42a…外層中空糸膜束  
12b, 22b, 32b, 42b…内層中空糸膜束  
13, 23, 33, 43…第 1 ヘッドカバー  
13a, 23a…乾燥空気入口

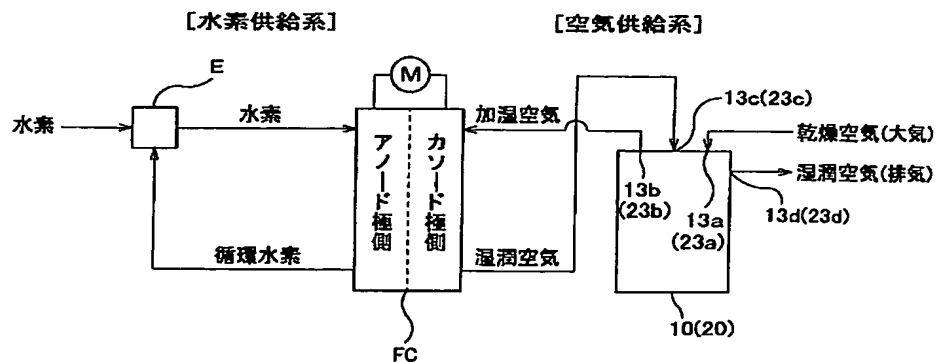
22

13a', 23a'…分配通路  
13b, 23b…加湿空気出口  
13b', 23b'…集合通路  
13c, 23c…湿潤空気入口  
13c', 33c'…中通し配管  
23c', 43c'…分配通路  
13d…湿潤空気出口  
13d'…集合通路  
14, 24, 34, 44…第 2 ヘッドカバー  
14a, 24a…折返し部  
15, 25, 35, 45…第 1 ポッティング部 (固定部)  
16, 26, 36, 46…第 2 ポッティング部 (固定部)  
17, 27, 37, 47…筒状仕切材 (仕切材)  
17a, 27a, 37a, 47a…通流部

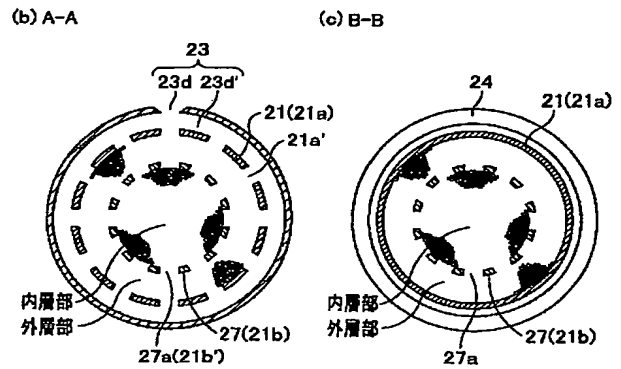
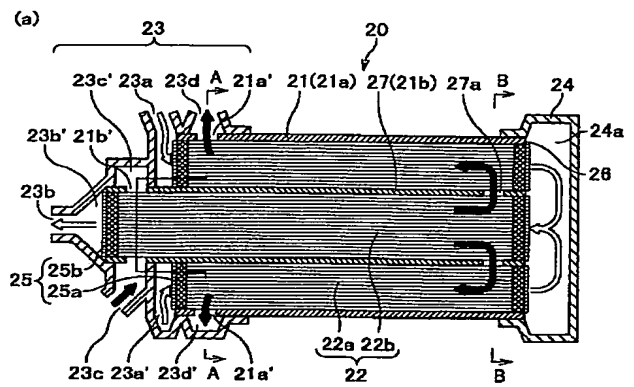
【図 1】



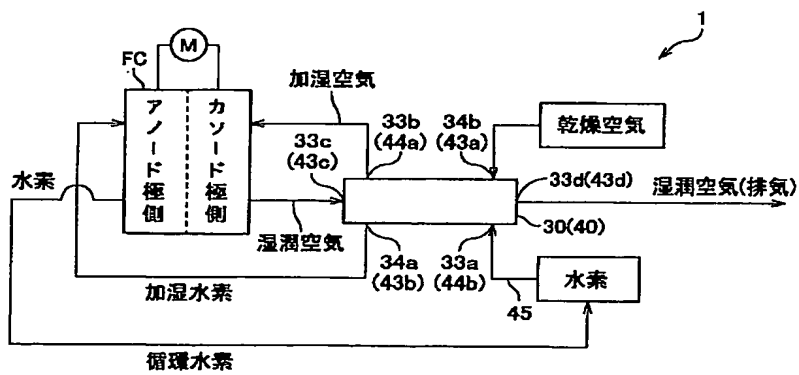
【図 3】



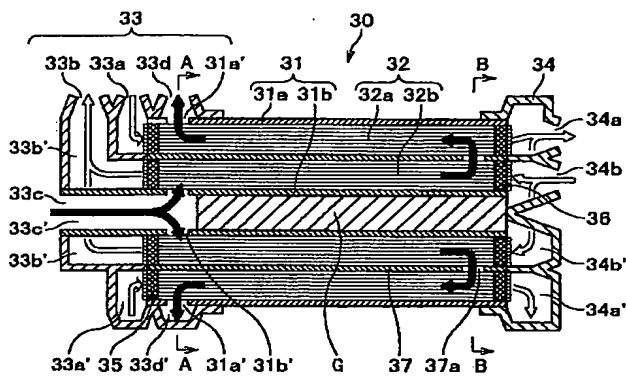
【図 4】



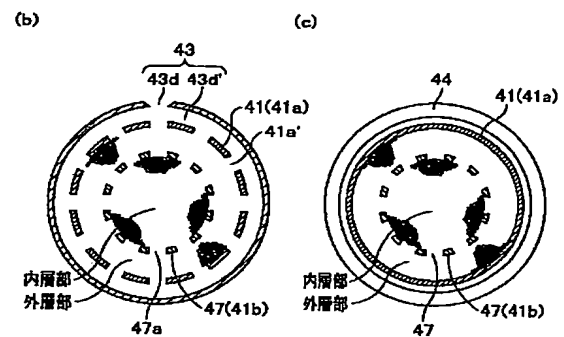
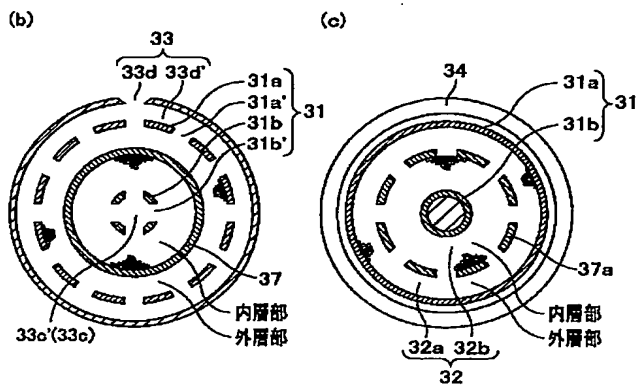
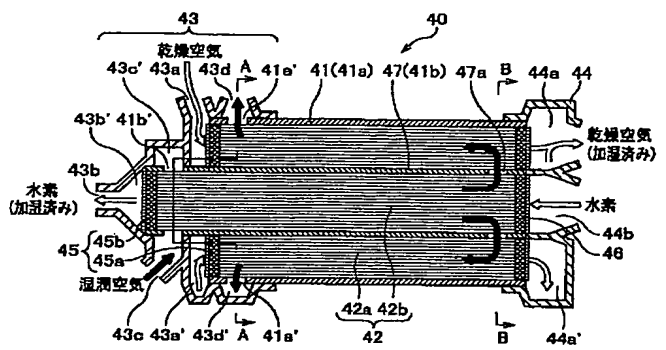
【図 6】



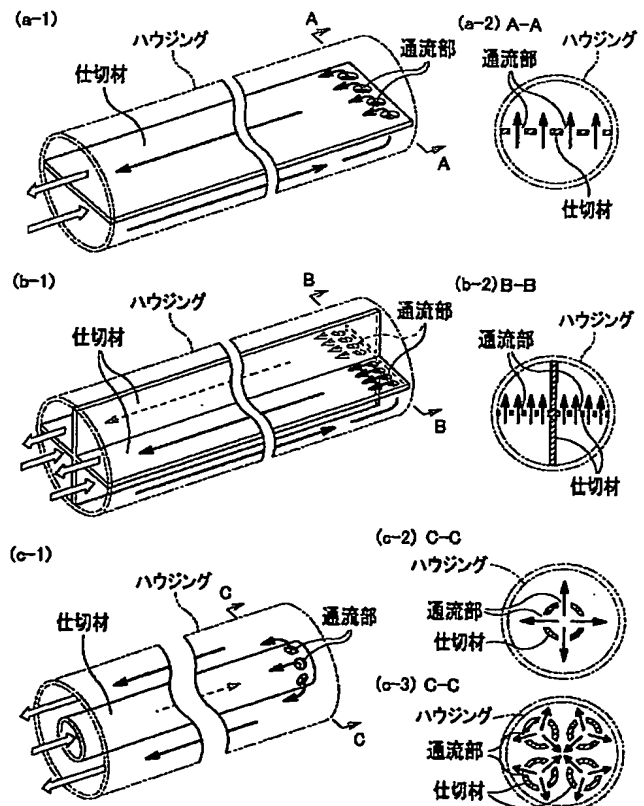
【図 5】



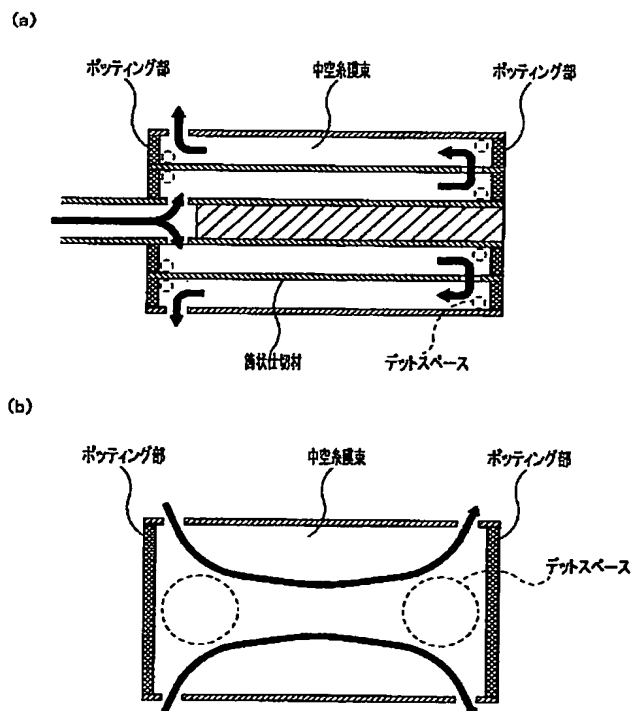
【図 7】



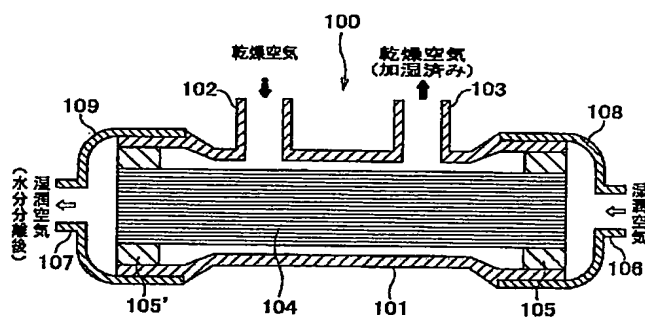
【図 8】



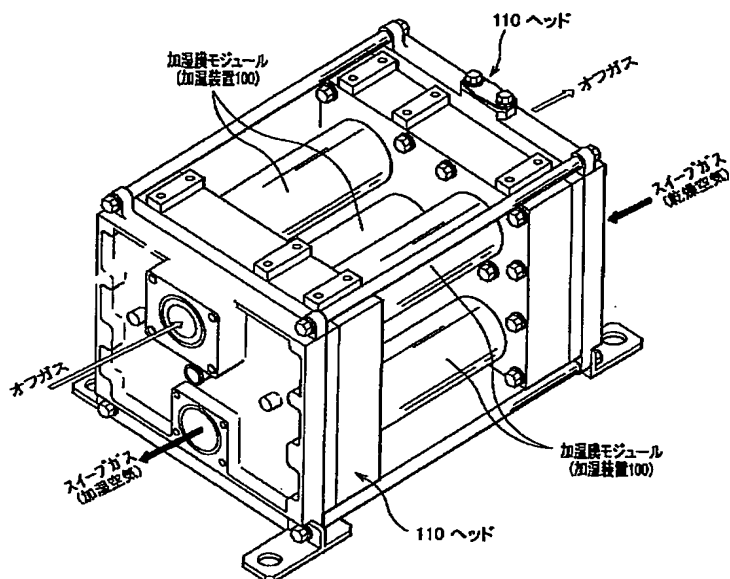
【図 1 1】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

H01M 8/10

識別記号

FI

H01M 8/10

テーマコード (参考)

(72) 発明者 島貫 寛士

埼玉県和光市中央 1 丁目 4 番 1 号 株式会  
社本田技術研究所内

(72) 発明者 草野 佳夫

埼玉県和光市中央 1 丁目 4 番 1 号 株式会  
社本田技術研究所内

F ターム (参考)

3L055 BA02 DA05

4D006 GA41 HA01 JA14A JA16A

JA18A JA25A JA29A JA70A

PB65 PC80

5H026 AA06

5H027 AA06